

19 Using the wood from improvement felling for assembling small wooden structures / Z. Sergey, R. Damari, V. Vetoshkin, N. Pryadilina, A. Opletaev // Increasing the Use of Wood in the Global Bio-Economy : 11 th International Scientific Conferens Wood EMA, 2018. – P. 369–373.

20. Zalesov S. V., Zalesova E. S., Opletaev A. S. Recommendations for improving the protection of forests from fires in the belt forests of The priirtyshya. – Yekaterinburg : Ural state forest engineering university, 2014. – 67 p.

21. Marchenko V. P., Zalesov S. V. Gorimost of ribbon hogs of The Irtysh region and ways of its minimization on the example of the state GLPR «Ertys ormany» // Bulletin of the Altai agrarian University. 2013. – No. 10. – P. 55–59.

22. Zalesov S. V., Magasumova A. G., Novoselova N. N. Organization of fire-prevention device of plantings formed on former agricultural lands // Bulletin of the Altai state agrarian University – 2010. – № 4 (66). – P. 60–63.

УДК 630.1

СЕЗОННЫЙ РОСТ И ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ВИДОВ *ABIES* MILL. В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ (КАРЕЛИЯ)

И. Т. КИЩЕНКО – доктор биологических наук, профессор;
Петрозаводский государственный университет,
185640, Карелия, Петрозаводск, пр. Ленина 33;
e-mail: ivanki@karelia.ru,
тел.: (814 2) 78-51-40, факс: (814 2) 71-10-00,
ORCID ID: 0000-0002-1039-1020

Рецензент: Кожеевников А. П., доктор биологических наук, ФГБОУ науки «Ботанический сад» УрО РАН.

Ключевые слова: интродукция, *Abies*, рост, побеги, хвоя.

Изучение интродуцированных видов *Abies* проводили в Ботаническом саду Петрозаводского государственного университета (средняя подзона тайги) с мая по сентябрь. Выяснилось, что рост побегов видов рода *Abies* в годы с дружной весной начинается одновременно. В годы с затяжной весной различия между видами в сроках начала этой фенофазы могут достигать 1 недели. Различия в сроках прекращения роста побегов не превышают 1 недели. Ранее всего кульминация прироста происходит у *A. holophylla*, а позже всего – у *A. balsamea*. Сроки начала, кульминации и окончания роста побегов под влиянием экологических факторов варьируют по годам в пределах 1–2 недель. Наиболее длинные побеги формируются у *A. holophylla* и *A. concolor*. Начало и кульминация прироста у них в наибольшей мере зависит от температурного режима воздуха. Влажность воздуха и количество атмосферных осадков постоянно превышают оптимальную величину для этого процесса. Начало роста хвои изучаемых видов *Abies* отмечается в конце мая – начале июня. Различия при этом не превышают 2–4 сут. Раньше всего кульминация прироста хвои отмечается у *A. holophylla* и *A. concolor*. Сроки начала, кульминации и окончания роста хвои под влиянием экологических факторов из года в год могут варьировать в пределах 2–18 сут. Наибольшим сходством в динамике роста хвои отличаются *A. holophylla* и *A. concolor*. Начало роста хвои зависит от температурного режима воздуха, а динамика роста, кроме того, – от влажности воздуха и атмосферных осадков. Характер и степень влияния экологических факторов на рост хвои весьма незначительно меняется по годам, но заметно различается у изучаемых видов рода *Abies*. Наиболее перспективными для озеленения населенных пунктов (с низкой степенью загрязнения поллютантами) следует признать *A. sibirica* и *A. balsamea*.

SEASONAL GROWTH AND PROSPECT OF INTRODUCED SPECIES *ABIES* MILL. IN THE TAIGA ZONE (KARELIA)

I. T. KISHCHENKO – Doctor of Biological Sciences,
Petrozavodsk State University;
185640, Karelia, Petrozavodsk, Lenin Ave. 33,
e-mail: ivanki@karelia.ru,
phone: (814 2) 78-51-40, fax: (814 2) 71-10-00;
ORCID ID: 0000-0002-1039-1020

Reviewer: Kozhevnikov A. P., doctor of biological Sciences, federal state budget institution of science Botanical garden, Urals branch of RAS.

Keywords: introduction, *Abies*, growth, shoots, needles.

The study of introduced species *Abies* conducted in the Botanical garden of Petrozavodsk state University (middle taiga subzone) from may to September. It was found that the growth of shoots of species of the genus *Abies* in the years with a friendly spring begins at the same time. In years with prolonged spring differences between species in the timing of the start of this phenological phase can last up to 1 week. Differences in the timing of cessation of shoot growth does not exceed 1 week. Just before the culmination of the growth occurs in *A. holophylla*, and later – in *A. balsamea*. The timing of start, peak and end of shoot growth is influenced by environmental factors vary by year within 1–2 weeks. The longest shoots are formed from *A. holophylla* and *A. concolor*. The beginning and the culmination of growth from them in the greatest measure depends on the temperature of the air. Humidity and precipitation continually exceeds the optimal value for this process. The beginning of the growth of the needles of the studied species *Abies* occurs at the end of may-beginning of June. The differences in this case do not exceed 2–4 days. Just before the culmination of the growth of the needles observed in *A. holophylla* and *A. concolor*. The timing of start, peak and end of growth of the needles is influenced by environmental factors from year to year can vary in the range of 2–18 days. The greatest similarity in the dynamics of growth of the needles differ in *A. holophylla* and *A. concolor*. The beginning of the growth of the needles depends on the temperature of the air, and the dynamics of growth, in addition, from humidity and precipitation. The nature and extent of the impact of environmental factors on the growth of pine needles is very little variation by year, but are markedly different from the studied species of the genus *Abies*. The most promising for gardening of settlements (with a low degree of contamination with pollutants) should recognize the *A. sibirica* and *A. balsamea*.

Введение

Изучению сезонного роста растений, в том числе древесных видов, уделяется большое внимание как в России, так и за рубежом. И это понятно, так как познание этих важнейших биологических процессов имеет решающее значение в теории и практике выращивания растений. При этом объектами исследований служат аборигенные и интродуцированные древесные растения и в частности хвойные.

Известно, что большинство аборигенных видов древесных растений таежной зоны России плохо переносят прогрессирующее загрязнение окружающей среды. Между тем многие виды хвойных растений, в том числе и представители семейства *Abies* других географических районов, устойчивы к загазованности и задымленности, отличаются долговечностью и весьма декоративны в течение всего года [1, 2, 3]. Кроме того, многие

из них отличаются значительно большей продуктивностью, чем местные виды, и нередко способны к натурализации [4, 5, 6]. Повышение биологического разнообразия естественных и искусственных фитоценозов, по мнению многих исследователей [5, 7, 8], возможно только через интродукцию древесных растений. Все это свидетельствует о необходимости интродукции хвойных растений и оценки их перспективности. Последняя

может быть установлена лишь на основе всестороннего изучения адаптаций, происходящих у испытуемых растений в новых условиях [9, 10]. Главнейшими процессами, характеризующими состояние интродуцированных растений, являются особенности их роста, которые определяются не только генотипом, но и динамикой экологических факторов [11].

Между тем выяснилось, что вопросы роста хвойных интродуцентов изучены далеко не полно и нуждаются в уточнении и дальнейшем изучении. Характер и степень влияния экологических факторов на рост многих интродуцированных растений до сих пор не установлены. В Карелии такие детальные исследования до сих пор не проводились.

Поэтому целью данной работы являлись выяснение особенностей роста некоторых интродуцированных видов *Abies* Mill. под влиянием главнейших климатических факторов и оценка их перспективности.

Материалы и методы

Изучение интродуцированных видов *Abies* проводили в Ботаническом саду Петрозаводского государственного университета в 1998–2001 гг. Объектами исследований служили 4 вида рода *Abies*. Характеристика объектов исследований приведена в табл. 1. Посадки граничат с сосняком черничным. Каждый изучаемый вид представлен групповой посадкой из 10–25 деревьев. Условия водного, минерального и светового режимов у всех изучаемых видов одинаковые. Размещение и густота посадок в каждой группе идентичны.

Наблюдения за ростом побегов и хвои проводили по методике А. А. Молчанова и В. В. Смирнова [12]. С помощью линейки измеряли длину осевых стеблей (далее просто побегов) с юго-западной части кроны на высоте около 2 м с момента набухания почек до заложения зимующих почек через каждые 2–3 сут. По каждому виду выбирали по 10 учетных деревьев, у каждого

из которых промаркировали по 25 побегов. Таким образом, объем выборки по каждому сроку наблюдения составлял 250 побегов. Рост промаркированной хвои с помощью линейки изучали в верхней части тех же побегов с тем же временным интервалом. Объем выборки тот же, что и для побегов. Величину суточного прироста побегов и хвои определяли как разницу в их длине (среднеарифметической) между последующим и предшествующим наблюдениями, деленную на число суток этого периода.

Оценку перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений проводили по методике П. И. Лапина и С. В. Сидневой [13]. При этом учитывались такие показатели, как степень ежегодного вызревания побегов, зимостойкость, сохранение габитуса, побегообразовательная способность, регулярность прироста осевых побегов, способность к генеративному развитию, возможность

Таблица 1

Table 1

Характеристика объектов исследований
Characterization of research objects

Вид View	Место происхождения саженцев (ботсад–город) Place of origin of seedlings (botsad-city)	Возраст, лет Age, years	Средняя высота, м Average height, m	Наличие семеношения The presence of reproduction
<i>A. sibirica</i> Ledeb.	С.–Петербург	53	16.0	Есть
<i>A. balsamea</i> Mill.	Копенгаген	43	16.7	Есть
<i>A. concolor</i> Lindl. et Gord.	С.–Петербург	36	11.3	Есть
<i>A. holophylla</i> Maxim.	Москва	31	9.0	Есть

размножения в культуре, общая оценка перспективности.

Климатические данные (суммарная солнечная радиация; атмосферные осадки; среднесуточная, минимальная и максимальная относительная влажность воздуха; среднесуточная, минимальная и максимальная температура воздуха) регистрировались на Сулажгорской метеостанции (Карельская гидрометеорологическая обсерватория), расположенной в 3 км к юго-западу от Ботанического сада.

По результатам наблюдений за ростом и развитием растений, а также за климатическими факторами сформировали банк данных, обработанный с помощью рекомендуемых для этих целей корреляционного и регрессионного методов [14].

Результаты и их обсуждение

Статистическая обработка материалов наблюдений за интродуцентами показала, что при определении среднеарифметической величины прироста побегов показатель точности опыта составляет 3–6 %, а коэффициент вариации – 15–22 %; хвой – соответственно 4–5 и 12–18 %; фенодат – 5–6 и 20–26 %.

Линейный рост побегов. Проведенные исследования показали, что сроки начала роста побегов изучаемых видов пихты могут варьировать по годам в пределах двух недель. Подобную изменчивость наблюдал и Н. В. Шкутко [11]. Наиболее стабильны сроки начала данной фенофазы у *A. holophylla*. В годы с дружной весной рост побегов у всех изу-

чаемых видов начинается одновременно в середине мая. В годы с затяжной весной проявляются различия по видам: последними (в конце мая) трогаются в рост побеги *A. sibirica*. У *A. holophylla* эта фенофаза начинается на неделю раньше (табл. 2).

Установлено, что время кульминации прироста побегов также довольно существенно меняется по годам. Быстрее всех эта фаза наступает у *A. holophylla* (в среднем 6.VI), а позже всех – у *A. balsamea* (23.VI). У остальных видов прирост кульминирует 12–14.VI. Величина максимального прироста у изучаемых видов различается незначительно. Его наибольшая величина (в среднем 4.0 мм/сут) обнаружена у *A. holophylla* и *A. concolor*. У других видов пихты этот показатель меньше на 10–20 %. Следует подчеркнуть, что погодичная изменчивость величины максимального прироста побегов достигает 20–70 %.

Оказалось, что сроки прекращения роста побегов довольно заметно варьируют по годам лишь у трех изучаемых видов, различаясь при этом на 7–9 сут. У *A. sibirica* эти различия не превышают 2 сут. Первыми (8–15.VII) заканчивают рост побеги у *A. concolor* и *A. sibirica*. Через неделю (10–20.VII) прекращение этой фенофазы отмечается у *A. holophylla* и *A. balsamea* (см. табл. 2). Окончание роста побегов у видов рода *Abies* в условиях Карелии во второй половине июля отмечено ранее А. С. Лантратовой [15]. Значительная погодная вариация

в продолжительности роста побегов *A. sibirica* в Западной Сибири установлена П. М. Ермоленко [16].

Естественно, что погодичные изменения в сроках начала и окончания роста побегов вызывают и соответствующие изменения в продолжительности их формирования. В зависимости от вида растения она варьирует от 45 до 68 сут (табл. 3). Наиболее стабилен этот показатель у *A. holophylla* и *A. concolor* – 52–59 сут. Продолжительность роста побегов у *A. sibirica* и *A. balsamea* в отдельные годы может различаться на 30–50 %.

Обнаруженная изменчивость в продолжительности и интенсивности роста побегов приводит к соответствующим различиям в величине их годовичного прироста. Из данных табл. 3 следует, что наиболее длинные побеги (в среднем 94 мм) формируются у *A. concolor*. У *A. sibirica* этот показатель в среднем составляет всего 72 мм. Анализ результатов исследований свидетельствует о том, что величина годовичного прироста побегов обуславливается прежде всего различиями в интенсивности их роста. Так, длина побегов у *A. concolor* больше, чем у *A. sibirica*, в среднем на 20 мм. При этом скорость роста у первого вида на 20 % больше, чем у второго, а продолжительность их роста примерно одинакова. Длина побегов у *A. sibirica* и *A. balsamea* из года в год изменяется не более чем на 20 %, а у других видов – не более чем на 5 %.

Таблица 2

Table 2

Температурный режим воздуха в период роста побегов у различных видов рода *Abies*
 The temperature regime of air during the growth of shoots in various species of the genus *Abies*

Вид View	Годы наблюдений Years of observation	Начало роста The beginning of the growth			Кульминация прироста The culmination of the growth			Окончание роста End of growth		
		Дата Date	Среднесуточная температура воздуха, °C Average daily air temperature, °C	Сумма положительных температур, °C Sum of positive temperatures, °C	Дата Date	Среднесуточная температура воздуха, °C Average daily air temperature, °C	Сумма положительных температур, °C Sum of positive temperatures, °C	Дата Date	Среднесуточная температура воздуха, °C Average daily air temperature, °C	Сумма положительных температур, °C Sum of positive temperatures, °C
<i>Abies holophylla</i>	1989	12.V	8.3	240	6–8.VI	17.8	570	10.VII	16.0	1160
	1990	15.V	9.9	266	4–6.VI	17.2	423	13.VII	16.8	935
	1991	21.V	9.3	207	7–9.VI	11.6	388	19.VII	15.7	1063
<i>A. concolor</i>	1989	12.V	8.3	240	6–8.VI	17.8	570	8.VII	16.2	1130
	1990	15.V	9.9	266	22–24.VI	14.2	584	10.VII	18.1	885
	1991	24.V	9.0	234	7–9.VI	11.6	388	15.VII	17.6	975
<i>A. sibirica</i>	1989	12.V	8.3	240	10–12.VI	16.4	630	12.VII	15.4	1189
	1990	15.V	9.9	266	29–30.VI	16.3	704	12.VII	16.0	918
	1991	29.V	10.9	284	1–2.VII	18.4	744	13.VII	16.3	944
<i>A. balsamea</i>	1989	12.V	8.3	240	18–20.VI	17.0	738	12.VII	15.4	1189
	1990	15.V	9.9	266	29–30.VI	16.3	704	15.VII	17.6	963
	1991	24.V	9.0	234	26–27.VI	18.3	653	20.VII	15.9	1059

По данным 3-летних наблюдений, начало роста побегов у изучаемых видов начинается при очень близких значениях среднесуточной температуры воздуха (+8.3 ... +10.9 °C). Небольшие погодичные различия в температуре воздуха в момент трогания побегов в рост указывают на значительную зависимость данной фазы от этого фактора (см. табл. 2). Об этом же свидетельствует и довольно слабая погодичная изменчивость теплообеспеченности среды в момент начала роста побегов. Так, сум-

ма положительных температур в этот период составляет от 207 до 266 °C. Аналогичные данные для 8 видов рода *Abies* получены ранее Н. В. Гроздовой и В. Д. Кабановой [17].

Исследования позволили обнаружить, что кульминация прироста побегов у исследуемых видов *Abies* наступает при температуре воздуха не менее +12 °C. При этом выявлена следующая закономерность. Дружная весна без резких температурных изменений приводит к быстрой кульминации прироста даже при

довольно прохладной погоде. Наоборот, затяжная весна с резкими температурными колебаниями отодвигает кульминацию прироста на более позднее время с повышенной температурой воздуха (до +18.4 °C). Именно с этим и связаны значительные погодичные различия в сумме положительных температур (388–738 °C) в данный этап развития.

Выяснилось, что рост побегов у видов рода *Abies* прекращается при весьма благоприятном тепловом режиме среды. Температура воздуха в это время

Таблица 3

Table 3

Основные характеристики линейного прироста побегов у различных видов рода *Abies*Main characteristics of linear growth of shoots in various species of the genus *Abies*

Вид View	Годы наблюдений Years of observation	Максимальный суточный прирост, мм Maximum daily growth, mm	Годичный прирост, мм Annual growth, mm	Продолжительность роста, сут The duration of growth, days
<i>Abies holophylla</i>	1989	3.5	92	59
	1990	3.6	90	59
	1991	5.0	88	59
<i>A. concolor</i>	1989	3.0	95	57
	1990	3.7	96	56
	1991	5.6	91	52
<i>A. sibirica</i>	1989	4.4	75	61
	1990	3.1	61	68
	1991	2.7	79	45
<i>A. balsamea</i>	1989	3.1	85	61
	1990	3.5	77	61
	1991	3.9	99	47

составляет от +14.3 до +18.1 °С, а сумма положительных температур – от 918 до 1189 °С. Эти данные свидетельствуют о том, что сроки прекращения деятельности апикальной меростемы у представителей этого рода не связаны с температурным режимом, а скорее всего, обусловлены генотипом вида.

Линейный рост хвои. Проведенные исследования позволили установить, что сроки начала роста хвои изучаемых видов рода *Abies* могут варьировать по годам в пределах 10 сут (табл. 4). При сравнении отдельных видов пихты выяснилось, что рост хвои начинается почти одновременно (различия составляют всего 2–4 сут). При этом погодичная

изменчивость не превышает 10 сут (24.V–5.VI).

Установлено, что время кульминации прироста хвои довольно существенно изменяется по годам. Быстрее всего эта фаза наступает у *A. holophylla* и *A. concolor* (4–22.VI), а у других видов – на 7–18 сут позже. Величина максимального прироста хвои у разных видов также варьирует в широких пределах. Его наименьшая величина (в среднем 1,2 мм/сут) обнаружена у *A. sibirica*. У других видов этот показатель в 1,2–2,2 раза больше. Следует подчеркнуть, что погодичная вариабельность величины максимального прироста хвои у объекта исследований не превышает 50 % (табл. 5).

Оказалось, что сроки прекращения роста хвои различаются по годам не более чем на 3 сут. Данная фенофаза у *A. sibirica* и *A. balsamea* заканчивается на 2–4 сут раньше, чем у других изучаемых видов (7–10.VII). Вполне понятно, что незначительные погодичные различия в сроках начала и окончания роста хвои вызывают небольшие изменения и в продолжительности ее формирования. В зависимости от вида растения и года наблюдения последняя составляет от 29 до 44 сут (см. табл. 5). Наибольшая продолжительность роста (в среднем 38–40 сут) характерна для *A. holophylla* и *A. concolor*, у других видов она на 2–7 сут меньше.

Таблица 4

Table 4

Температурный режим воздуха в период роста хвои у различных видов рода *Abies*
 Temperature regime of air during the growth of needles in various species of the genus *Abies*

Вид View	Годы наблюдений Years of observation	Начало роста The beginning of the growth			Кульминация прироста The culmination of the growth			Окончание роста End of growth		
		Дата Date	Среднесуточная температура воздуха, °С	Сумма положит. температур, °С	Дата Date	Среднесуточная температура воздуха, °С	Сумма положит. температур, °С	Дата Date	Среднесуточная температура воздуха, °С	Сумма положит. температур, °С
<i>Abies holophylla</i>	1989	24.V	12.6	365	20–22.VI	17.0	783	7.VII	16.5	1103
	1990	3.VI	14.7	405	4–6.VI	17.2	423	8.VII	21.0	1400
	1991	29.V	10.9	284	17–18.VI	13.3	515	10.VII	16.8	898
<i>A. concolor</i>	1989	24.V	12.6	365	20–22.VI	17.0	783	7.VII	16.5	1103
	1990	3.VI	14.7	405	4–6.VI	17.2	423	8.VII	21.0	1400
	1991	29.V	10.9	284	17–18.VI	13.3	515	10.VII	16.8	898
<i>A. sibirica</i>	1989	26.V	12.8	390	27–29.VI	17.6	892	3.VII	17.0	1022
	1990	5.VI	13.6	436	22–24.VI	14.2	584	4.VII	15.7	1338
	1991	3.VI	9.7	342	24–25.VI	15.5	620	6.VII	19.1	868
<i>A. balsamea</i>	1989	28.V	13.0	422	27–29.VI	17.6	892	5.VII	16.9	1070
	1990	5.VI	13.6	436	22–24.VI	14.2	584	6.VII	16.1	1368
	1991	31.V	11.4	306	19–20.VI	13.8	542	8.VII	17.0	868

Обнаруженная изменчивость в продолжительности и интенсивности роста хвои обуславливает и соответствующие различия в величине ее годичного прироста, которые за годы исследований не превышали 10–20 %. Из данных табл. 5 следует, что самая короткая хвоя (в среднем 18 мм) формируется у *A. sibirica*, а у других видов она на 25–30 % длиннее.

По данным 3-летних наблюдений, рост хвои у изучаемых видов растений начинается при среднесуточной температуре воздуха +9.7 ... +14.7 °С (см. табл. 4).

Относительно большой (2–5 °С) разброс значений температуры в начальный период роста хвои свидетельствует об отсутствии строго определенной зависимости этой фенофазы от текущей температуры воздуха. Обнаружено, что сумма положительных температур для начала роста хвои, так же как температура воздуха, не является особенно стабильной. Ее погодичная вариация в этот момент достигает 30–50 %. Данные табл. 4 свидетельствуют о том, что теплообеспеченность среды к началу этой фенофазы у всех видов *Abies* примерно

одинакова и составляет не менее 300 °С. К аналогичному выводу ранее пришли Н. В. Гроздова и В. Д. Кабанова [17].

Обнаружено, что в период кульминации прироста хвои температура воздуха может варьировать в пределах +13.3 ... +17.6 °С, а сумма положительных температур изменяется в 1.5 раза. Несмотря на подобную изменчивость температурного режима, последний в этот период остается постоянно благоприятным для роста хвои всех изучаемых видов пихты.

Таблица 5

Table 5

Основные характеристики линейного прироста хвои у различных видов рода *Abies*
 The main characteristics of the linear growth of needles in various species of the genus *Abies*

Вид View	Годы наблюдений Years of observation	Максимальный суточный прирост, мм Maximum daily growth, mm	Годичный прирост, мм Annual growth, mm	Продолжительность роста, сут The duration of growth, days
<i>Abies holophylla</i>	1989	2.5	26	44
	1990	1.7	23	35
	1991	2.2	26	42
<i>A. concolor</i>	1989	2.7	29	44
	1990	2.0	26	35
	1991	2.6	28	35
<i>A. sibirica</i>	1989	1.5	21	38
	1990	0.9	15	29
	1991	1.3	19	33
<i>A. balsamea</i>	1989	1.8	26	38
	1990	2.2	20	31
	1991	1.7	24	38

Во время прекращения роста хвои среднесуточная температура воздуха и сумма положительных температур варьируют в довольно широких пределах и составляют соответственно +15.7 ... +21.0 °C и 834 ... 1400 °C. Эти данные свидетельствуют о том, что прекращение роста хвои у представителей рода *Abies* не связано с температурным режимом, а, скорее всего, обусловлено генотипом вида. Результаты исследований Л. А. Фроловой [18] также показали, что для большинства видов хвойных тепла вполне достаточно для завершения годичного цикла развития вегетативных почек.

В районе исследований аборигенные виды рода *Abies* не произрастают. Поэтому сравни-

вали динамику роста побегов интродуцентов с соответствующими показателями таких аборигенных видов, как *Picea abies* и *Pinus sylvestris*. Оказалось, что в наибольшей мере ритмика роста побегов изучаемых видов рода *Abies* близка к таковой у *Picea abies*. При этом прослеживается прямая положительная корреляция. Наиболее тесная связь ($r=+0.52 \dots +0.64$) обнаружена между динамикой прироста *P. abies*, с одной стороны, и аналогичным показателем *A. holophylla* и *A. concolor* – с другой. Корреляция между приростами побегов двух последних видов усиливается до +0.8. Динамика прироста побегов *P. abies* и других интродуцентов связана довольно слабо ($r = -0.2 \dots -0.4$).

Корреляционный анализ результатов исследований позволил установить, что направление и степень влияния факторов среды на рост побегов в значительной мере связаны с биологическими особенностями вида. Так, отрицательная зависимость ($r=-0.2 \dots -0.4$) между динамикой прироста побегов у *A. holophylla* и *A. sibirica* и среднесуточной температурой воздуха, по всей вероятности, свидетельствует о том, что температурный оптимум для данных видов находится несколько ниже летних значений температуры района интродукции. Противоположный вывод можно сделать относительно *A. nephrolepis* и *A. balsamea* на основании того, что величина коэффициента корреляции между

динамикой прироста их побегов и максимальной температурой воздуха всегда положительна и достигает $+0.3 \dots +0.8$. Наиболее существенное влияние температуры воздуха на рост побегов прослеживается лишь до наступления кульминации их прироста. Об этом свидетельствуют и результаты корреляционного анализа ($r = +0.5 \dots +0.9$). Ранее к подобному выводу в отношении интродуцированных видов рода *Abies* пришли А. С. Лантратова [15] и Н. В. Шкутко [11].

При изучении корреляционных связей между динамикой прироста побегов и относительной влажностью воздуха выяснилось, что для всех изучаемых видов они отрицательны по направлению и незначительны по силе ($r = -0.1 \dots -0.5$). Следовательно, режим увлажнения среды для роста побегов рода *Abies* в районе интродукции несколько превышает значения оптимума. Возможно, механизм этого явления связан с уменьшением поступления в побеги органических веществ из-за падения скорости фотосинтеза, вызванного снижением интенсивности солнечной радиации. Последнее в условиях Карелии сопровождается повышением влажности воздуха на фоне усиления облачности и выпадения атмосферных осадков. С этим хорошо согласуются данные корреляционного анализа, показывающие, что для роста побегов интродуцированных видов рода *Abies* количество атмосферных осадков явно превышает норму ($r = -0.2 \dots -0.3$). Можно отме-

тить, что рост побегов испытывает гораздо большее влияние не текущих осадков, а тех, которые выпадают в течение нескольких суток, предшествующих реализации ростовых процессов.

Проведение корреляционного анализа обнаружило максимальную сопряженность динамики роста хвои у *A. holophylla* и *A. concolor* ($r = +0.78 \dots +0.84$). Корреляция роста хвои каждого из этих двух видов с *A. sibirica* и *A. balsamea* гораздо слабее ($r = +0.37 \dots +0.44$). Наименьшая сопряженность динамики роста хвои отмечена между *A. sibirica* и *A. balsamea* ($r = +0.29 \dots +0.32$). Наиболее тесная связь ($r = +0.48 \dots +0.57$) обнаружена между динамикой прироста хвои *Picea abies* и аналогичным показателем *Abies holophylla* и *A. concolor*.

Анализ результатов исследований свидетельствует о различиях в ростовых реакциях на динамику температуры воздуха в зависимости от вида растения. Обнаружено, что данный фактор оказывает очень слабое отрицательное влияние на рост хвои *A. holophylla* и *A. concolor* ($r = -0.12 \dots -0.32$). Совершенно противоположным образом и гораздо более сильно влияет максимальная температура воздуха на этот процесс у *A. sibirica* и *A. balsamea* ($r = +0.31 \dots +0.73$). Эти данные являются косвенным свидетельством того, что температурный режим района интродукции для первых двух видов несколько превышает норму, а для двух других он находится ниже ее. Влияние температуры воздуха на рост

хвои видов рода *Abies* в условиях интродукции обнаружено и другими исследователями [11].

При изучении корреляционных связей между динамикой прироста хвои и относительной влажностью воздуха оказалось, что для всех изучаемых видов рода *Abies* они либо недостоверны, либо очень слабы по силе и отрицательны по направлению ($r = -0.12 \dots -0.31$). Зависимость роста хвои от атмосферных осадков, так же как и от влажности воздуха, носит отрицательный характер, но при этом она значительно сильнее, особенно для *A. sibirica* и *A. balsamea* ($r = -0.33 \dots -0.55$).

Исследованиями ряда авторов [19, 20, 21] доказано, что интенсивность ростовых реакций определяется не только состоянием среды в момент реализации этого процесса, но также и ее особенностями за несколько суток до этого момента. Поэтому проводили корреляционный анализ между динамикой прироста хвои и изучаемыми факторами среды не только за текущий, но и предшествующий (за 2–3 сут) периоды, а также изучали их суммарный эффект за эти два периода. При этом выяснилось, что характер и степень влияния экологических факторов среды на ростовые процессы за текущий и предшествующий росту периоды остаются неизменными.

Исследованиями установлено, что по 5 показателям оценки интродукции различия между видами незначительны (табл. 6). Так, наименьшая степень вызревания побегов (17 баллов)

Таблица 6

Table 6

Оценка перспективности интродукции видов *Abies*, баллы
Assessment of the prospects of introducing *Abies* species, points

Вид View	Степень ежегодного вызревания побегов Degree of annual maturation of shoots	Зимо- стойкость Winter hardiness	Сохранение габитуса Preserving the habit	Побегообра- зовательная способ- ность Shoot- forming ability	Регуляр- ность прироста осевых побегов Regularity of growth of axial shoots	Способ- ность к генера- тивному развитию The capacity for generative development	Возмож- ность размно- жения в культуре Possibility of reproduction in culture	Общая оценка перспектив- ности A General assessment of the prospects
<i>Abies alba</i>	17	25	10	5	4	5	0	66
<i>A. sibirica</i>	20	25	10	5	5	10	1	76
<i>A. balsamea</i>	20	25	10	5	5	10	1	76
<i>A. concolor</i>	20	25	10	5	5	3	0	68
<i>A. nephrolepis</i>	17	25	10	5	4	0	0	61
<i>A. holophylla</i>	20	25	10	5	5	4	0	69

характерна для *Abies alba*, *Abies nephrolepis*. У других видов она достигает максимальной оценки – 20 баллов. В условиях Севера наиболее важным показателем успешности интродукции является зимостойкость [2, 10, 22], которая у всех изученных видов достигает максимальных 25 баллов. Максимальная оценка побегообразовательной способности (2 балла) также установлена у всех изученных видов. Максимальной оценки регулярности прироста осевых побегов (5 баллов) не достигают лишь *Abies alba* и *Abies holophylla* (4 балла). Самые большие различия в оценочных баллах между видами имеют место по показателям, связанным с развитием репродуктивной сферы. Так, максимальная способность к генера-

тивному развитию (20 баллов) не отмечена ни у одного вида. У *Abies sibirica* и *Abies balsamea* она достигает 10 баллов, а у других видов – всего 3–5 баллов и даже 0 баллов (*A. nephrolepis*). Возможность размножения интродуцентов в культуре оценивается максимум 5 баллами, что не заслуживает ни один из изучаемых видов. Эта способность у *Abies balsamea* и *Abies sibirica* составляет в 1,5 балла, у остальных видов – 0 баллов.

На основании вышеприведенных данных получена общая оценка перспективности изучаемых интродуцентов. Выяснилось, что к очень перспективным относятся *Abies balsamea* и *Abies sibirica* (73–76 баллов), а все остальные – к довольно перспективным (61–69 балла).

Выводы

1. Рост побегов видов рода *Abies* в годы с дружной весной начинается одновременно. В годы с затяжной весной различия между видами в сроках начала этой фазы могут достигать 1 недели. Различия в сроках прекращения роста побегов при этом также не превышают 1 недели. Ранее всего кульминация прироста происходит у *A. holophylla*, а позже всего – у *A. balsamea*. Наибольшая величина максимального прироста характерна для *A. holophylla*, у других видов она на 10–20 % меньше. Сроки начала, кульминации и окончания роста побегов под влиянием экологических факторов варьируют по годам в пределах 1–2 недель.

2. Наиболее длинные побеги формируются у *A. holophylla* и

A. concolor. Различия в величине данного показателя обуславливаются прежде всего различиями в интенсивности, а не в продолжительности роста их побегов. Динамика прироста побегов у видов рода *Abies* весьма заметно различается. Начало и кульминация прироста у них в наибольшей мере зависит от температурного режима воздуха. Влажность воздуха и количество атмосферных осадков постоянно превышают оптимальную величину для этого процесса.

3. Начало роста хвои изучаемых видов рода *Abies* отмеча-

ется в конце мая – начале июня. Различия при этом не превышают 2–4 сут. Раньше всего кульминация прироста хвои отмечается у *A. holophylla* и *A. concolor*. Его величина у данных видов в 1,5–2 раза больше, чем у других видов. Сроки начала, кульминации и окончания роста хвои под влиянием экологических факторов из года в год могут варьировать в пределах 2–18 сут.

4. Самая короткая хвоя формируется у *A. sibirica*, у других видов она на 25–30 % длиннее. Наибольшим сходством в динамике роста хвои отличаются

A. holophylla и *A. concolor*. Начало роста хвои зависит от температурного режима воздуха, а динамика роста, кроме того, от влажности воздуха и атмосферных осадков. Характер и степень влияния экологических факторов на рост хвои весьма незначительно меняются по годам, но заметно различаются у изучаемых видов рода *Abies*.

5. Наиболее перспективными для озеленения населенных пунктов (с низкой степенью загрязнения поллютантами) следует признать *A. sibirica* и *A. balsamea*.

Библиографический список

1. Мухина Л. Н., Александрова М. С., Каштанова О. А. Комплексная оценка состояния растений рода *Abies* Mill. в Главном ботаническом саду РАН // Бюл. Гл. бот. сада. – 2013. – № 2. – С. 43–51.
2. Гуков Г. В., Гриднев А. Н., Гриднева Н. В. Пихта цельнолистная в Приморском крае (современное состояние, проблемы искусственного лесоразведения) // Успехи современ. естествознания. – 2017. – № 10. – С. 29–34.
3. Фирсов Г. А., Хмарик А. Г. Род Пихта (*Abies* Mill., *Pinaceae*) в ботаническом саду Петра Великого // Вестник Волгогр. гос. ун-та. – Серия 11: Естеств. науки. – 2017. – Т. 7. – № 1. – С. 7–18.
4. Калущкий К. К., Болотов Н. А. Биоэкологические особенности лесной интродукции // Лесн. интродукция. – Воронеж, 1983. – С. 4–14.
5. Мамаев С. А., Махнев А. К. Проблемы биологического разнообразия и его поддержания в лесных экосистемах // Лесоведение. – 1996. – № 5. – С. 3–10.
6. Ботенков В. Н., Попова В. Е. Интродукция высокопродуктивных пород в Сибири // Лесн. хоз-во. – 1997. – № 5. – С. 44.
7. Морякина В. А. Интродукционные фонды растений и их сохранение // Проблемы интродукции растений и отдаленной гибридизации: тез. докл. Междунар. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. Н. В. Цицина. – М., 1998. – С. 139–140.
8. Сикура И. И. Значение интродукции растений в деле сохранения биологического разнообразия видов различных природных флор // Проблемы интродукции растений и отдаленной гибридизации: тез. докл. Междунар. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения акад. Н. В. Цицина. – М., 1998. – С. 186–188.
9. Гончарова О. А., Салтыкова С. А., Полоскова Е. Ю. Сезонное развитие интродуцированных видов *Abies* Mill. в полярно-альпийском саду-институте. – Апатиты, 2013. – 8 с. – Табл. 3. – Библиогр. 10 назв. – Деп. в ВИНТИ 20.06.13, № 175-B2013.
10. Попова В. Т., Дорофеева В. Д., Попова А. А. Оценка перспективности некоторых видов хвойных растений для интродукции в условиях Центрального Черноземья // Тр. СПб науч.-исслед. ин-та лесн. хоз-ва. – 2016. – № 4. – С. 89–97.

11. Шкутко Н. В. Хвойные Белоруссии. – М.: Наука, 1991. – 263 с.
12. Молчанов А. А., Смирнов В. В. Методика изучения прироста древесных растений. – М.: Наука, 1967. – 95 с.
13. Лапин П. И., Сиднева С. В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. – М., 1973. – С. 7–68.
14. Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1984. – 424 с.
15. Лантратова А. С. Адаптивная изменчивость лиственниц в зависимости от характера роста годовичных побегов // Ритмы роста и развития интродуцентов. – М., 1973. – С. 73–75.
16. Ермоленко П. М. Сезонный рост пихты сибирской в Западной Сибири // Бот. исслед. в Сибири. – 1995. – № 3. – С. 3–9.
17. Гроздова Н. Е., Кабанова В. Д. Влияние температурного фактора на сезонную ритмику интродуцированных хвойных в Подмоскowie // Термический фактор в развитии растений различных географических зон: матер. Всесоюз. конф. – М., 1979. – С. 36–37.
18. Фролова Л. А. Термический фактор и фазы сезонного развития представителей рода Ель различных географических зон // Термический фактор в развитии растений разных географических зон: матер. Всесоюз. конф. – М., 1979. – С. 32–34.
19. Kozłowski T. T. Growth characteristics of forest trees // J. Forestry. – 1963. – Vol. 61. – № 9. – P. 655–662.
20. Елагина В. А. Сезонный рост сибирских хвойных пород : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Елагина В. А. – Омск, 1969. – 27 с.
21. Odin H. Studies of the increment rhythm of Scots pine and Norway spruce plants // Studia Forestalia Suecica. Skogshögskolan Royal College of Forestry. – Stockholm, 1972. – № 2. – 32 p.
22. Мерзленко М. Д., Захарова А. А. Результаты интродукции пихты сибирской (*Abies sibirica* L.) в лесные культуры Смоленско-Московской возвышенности // Хвойн. бореальной зоны. – 2013. – Т. XXXI. – № 5–6. – С. 45–48.

Bibliography

1. Mukhina L. N., Alexandrova M. S., Kashtanova O. A. Complex assessment of the state of plants of the genus *Abies* Mill. in the Main Botanical garden of the Russian Academy of Sciences // Bulletin of the Main Botanical garden. – 2013. – No. 2. – P. 43–51.
2. Gukov G. V., Gridnev A. N., Gridneva N. V. Whole-leaf Fir in the Primorsky territory (current state, problems of artificial Insorazvedeniya) // Advances in modern natural science. – 2017. – No. 10. – P. 29–34.
3. Firsov G. A., Khmarik A. G. Genus Fir (*Abies* Mill., Pinaceae) in the Botanical garden of Peter the Great // Bulletin of Volgograd state University. – Series 11: Natural Sciences. 2017. – Vol. 7. – No. 1. – P. 7–18.
4. Kaluutsky K. K., Bolotov N. A. Bioecological features of forest introduction // Forest introduction. – Voronezh, 1983. – P. 4–14.
5. Mamaev S. A., Makhinev A. K. Problems of biological diversity and its maintenance in forest ecosystems // Forest science. – 1996. – No. 5. – P. 3–10.
6. Botenkov V. N., Popova V. E. Introduction of highly productive breeds in Siberia // Forestry. – 1997. – No. 5. – P. 44.
7. Moryakina V. A. Introduction funds of plants and their conservation // Problems of plant introduction and distant hybridization: Proc. docl. International Conf., vol. 100th anniversary of the birth of Acad. – Moscow, 1998. – P. 139–140.
8. Sikura I. I. The Significance of plant introduction in the conservation of biological diversity of species of various natural flora // Problems of plant introduction and distant hybridization: Proc. docl. International.

scientific conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of academician N. V. Tsitsin. – Moscow, 1998. – P. 186–188.

9. Goncharova O. A., Saltykova S. A., Poloskova E. Yu. Seasonal development of introduced *Abies* Mill species. in the Polar-Alpine garden-Institute. – Apatity, 2013. – Deposited manuscript 20.06.13, № 175-B2013.

10. Popova V. T., Dorofeeva V. D., Popova A. A. Evaluation of the prospects of some species of coniferous plants for introduction in the conditions of the Central Chernozem // Proceedings of the Saint Petersburg research Institute of forestry. – 2016. – No. 4. – P. 89–97.

11. Shkutko N. V. Coniferous Trees Of Belarus. – Moscow: Nauka, 1991. – 263 p.

12. Molchanov A. A., Smirnov V. V. Method of studying the growth of woody plants. – Moscow: Nauka, 1967. – 95 p.

13. Lapin P. I., Sidneva S. V. Assessment of the prospects for the introduction of woody plants according to visual observations // Experience in the introduction of woody plants. – Moscow, 1973. P. 7–68.

14. Zaitsev G. N. Mathematical statistics in experimental botany. – Moscow: Nauka, 1984. – 424 p.

15. Lantratova A. S. Adaptive variability of larch trees depending on the growth pattern of annual shoots // Rhythms of growth and development of introducers. – Moscow, 1973. – P. 73–75.

16. Ermolenko P. M. Seasonal growth of Siberian fir in Western Siberia // Botanical research in Siberia. – 1995. – No. 3. – P. 3–9.

17. Grozdova N. E., Kabanova V. D. Influence of the temperature factor on the seasonal rhythm of introduced conifers in the Moscow region // Thermal factor in the development of plants in different geographical zones: Material. Vses. Conf. – Moscow, 1979. – P. 36–37.

18. Frolova L. A. Thermal factor and phases of seasonal development of representatives of the genus Spruce of various geographical zones // Thermal factor in the development of plants in different geographical zones: Mater. Vses. Conf. – Moscow, 1979. – P. 32–34.

19. Kozlowski T. T. Growth characteristics of forest trees // J. Forestry. – 1963. – Vol. 61. – No. 9. – P. 655–662.

20. Elagina V. A. Seasonal growth of Siberian coniferous breeds : autoref. dis.... Cand. C. the household sciences' / Elagina V. A. – Omsk, 1969. – 27 p.

21. Odin H. Studies of the increment rhythm of Scots pine and Norway spruce plants // Studia Forestalia Suecica. Skogshögskolan Royal College of Forestry. – Stockholm, 1972. – № 2. – 32 p.

22. Merzlenko M. D., Zakharova A. A. Results of introduction of Siberian fir (*Abies sibirica* L.) into forest cultures of the Smolensk-Moscow upland // Coniferous boreal zones . – 2013. – Vol. XXXI. – No. 5–6. – P. 45–48.
